

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Masaki Hara, et al.

ATTY. DOCKET NO. 09792909-5355

SERIAL NO. 10/092,711

GROUP ART UNIT: 2811

DATE FILED: March 7, 2002

EXAMINER:

INVENTION:

"A MICRO-MIRROR AND A METHOD FOR FABRICATING THE SAME"



SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

RECEIVED  
MAY 30 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

SIR:

Applicants herewith submit the certified copy(ies) of Japanese Application(s) No(s). P2001-065070 filed March 8, 2001, and claims priority to the March 8, 2001, date.

The Commissioner is authorized to charge any fees which may be due or credit any overpayments to Deposit Account No. 19-3140. A duplicate copy of this sheet is enclosed for that purpose.

Respectfully submitted,

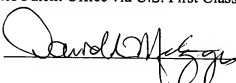
  
David R. Metzger

(Reg. No. 32,919)


SONNENSCHN NATH & ROSENTHAL  
P.O. Box #061080  
Wacker Drive Station - Sears Tower  
Chicago, Illinois 60606-1080  
Telephone 312/876-8000  
Customer #26263  
Attorneys for Applicants

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that a true copy of the foregoing Submission of Certified Copies of Priority Documents was forwarded to the United States Patent Office via U.S. First Class mail on May 14, 2002.



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: Masaki Hara,  ATTY. DOCKET NO. 09792909-5355  
SERIAL NO. 10/092,711 GROUP ART UNIT: 2811  
DATE FILED: March 7, 2002 EXAMINER:  
INVENTION: "A MICRO-MIRROR AND A METHOD FOR FABRICATING THE SAME"

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

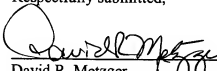
Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

S I R:

Applicants herewith submit the certified copy(ies) of Japanese Application(s) No(s). P2001-065070 filed March 8, 2001, and claims priority to the March 8, 2001, date.

The Commissioner is authorized to charge any fees which may be due or credit any overpayments to Deposit Account No. 19-3140. A duplicate copy of this sheet is enclosed for that purpose.

Respectfully submitted,

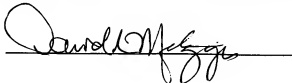


(Reg. No. 32,919)

David R. Metzger  
SONNENSCHN NATH & ROSENTHAL  
P.O. Box #061080  
Wacker Drive Station - Sears Tower  
Chicago, Illinois 60606-1080  
Telephone 312/876-8000  
Customer #26263  
Attorneys for Applicants

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that a true copy of the foregoing Submission of Certified Copies of Priority Documents was forwarded to the United States Patent Office via U.S. First Class mail on May 14, 2002.



RECEIVED  
MAY 30 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2810

5.02P0259 US

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-065070

出 願 人

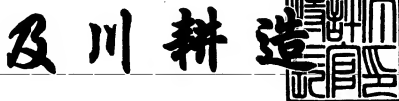
Applicant(s):

ソニー株式会社

RECEIVED  
MAY 30 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年12月21日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office



出証番号 出証特2001-3110905

【書類名】	特許願
【整理番号】	0100153402
【提出日】	平成13年 3月 8日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H01L 21/00 H01L 21/302
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社 内
【氏名】	原 昌輝
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社 内
【氏名】	牧野 拓也
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社 内
【氏名】	堀 和仁
【発明者】	
【住所又は居所】	宮城県仙台市青葉区中山9丁目21-5
【氏名】	羽根 一博
【発明者】	
【住所又は居所】	宮城県仙台市青葉区貝ヶ森6丁目3-3
【氏名】	佐々木 実
【特許出願人】	
【識別番号】	000002185
【氏名又は名称】	ソニー株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708092

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロミラーおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射光を偏向させるためのマイクロミラーであって、  
反射膜を備えたミラー部と、  
少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を有し、前記ミラー部の入射光に対する相対的な角度を変化させる駆動手段と  
を備えたことを特徴とするマイクロミラー。

【請求項2】 更に、それぞれ平坦面を有する固定部分および可動部分を含むヒンジ部を備え、前記ミラー部は、前記ヒンジ部の可動部分に連続して設けられるとともに、前記ヒンジ部の可動部分の平坦面に対して傾斜して設けられ、前記ヒンジ部の可動部分の変位に伴って入射光に対する相対的な角度が可変であることを特徴とする請求項1記載のマイクロミラー。

【請求項3】 前記駆動手段は、前記ヒンジ部の可動部分の一方の面に配設された第1の駆動膜と、この第1の駆動膜よりも大きな熱膨張率を有するとともに前記可動部分の他方の面に配設された第2の駆動膜とを含む

ことを特徴とする請求項2記載のマイクロミラー。

【請求項4】 前記第1の駆動膜と前記第2の駆動膜とは、互いに種類の異なる導電材料からなる

ことを特徴とする請求項3記載のマイクロミラー。

【請求項5】 前記第1の駆動膜は不純物を含む多結晶シリコン膜であり、前記第2の駆動膜はアルミニウム膜である

ことを特徴とする請求項4記載のマイクロミラー。

【請求項6】 前記第1の駆動膜と前記第2の駆動膜とは、電気抵抗の異なる同種材料からなる

ことを特徴とする請求項3記載のマイクロミラー。

【請求項7】 前記ヒンジ部およびミラー部は、半導体基板の結晶異方性を利用して、この半導体基板上に成膜された構造膜により一体的に構成されたものである

ことを特徴とする請求項2記載のマイクロミラー。

【請求項8】 前記半導体基板はシリコン基板である

ことを特徴とする請求項7記載のマイクロミラー。

【請求項9】 前記ヒンジ部の固定部分および可動部分はそれぞれシリコン基板の結晶面(100)、また、前記ミラー部は前記シリコン基板の結晶面(111)'を利用して形成されたものである

ことを特徴とする請求項7記載のマイクロミラー。

【請求項10】 前記ヒンジ部は、前記固定部分と前記可動部分の端部とにおいて前記シリコン基板に固定されている

ことを特徴とする請求項9記載のマイクロミラー。

【請求項11】 前記構造膜は、窒化膜を含む

ことを特徴とする請求項7記載のマイクロミラー。

【請求項12】 前記ヒンジ部の可動部分と前記ミラー部とは、前記窒化膜の薄膜のみにより形成されている

ことを特徴とする請求項11記載のマイクロミラー。

【請求項13】 前記ミラー部に対向する位置に発光素子を備えると共に前記ミラー部で反射され射出された光の戻り光を検出する光検出器を備えた

ことを特徴とする請求項1記載のマイクロミラー。

【請求項14】 前記ヒンジ部およびミラー部はシリコン基板の結晶異方性を利用して、このシリコン基板上に成膜された構造膜により一体的に形成されたものであり、かつ、前記光検出器は前記シリコン基板に形成されたものである

ことを特徴とする請求項8記載のマイクロミラー。

【請求項15】 それぞれ平坦面を有する固定部分およびを含むヒンジ部と、このヒンジ部の可動部分に連続して設けられるとともに、前記ヒンジ部の可動部分の平坦面に対して傾斜して設けられ、前記ヒンジ部の可動部分の変位に伴って入射光に対する相対的な角度が可変なミラー部と、少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を有し、前記ミラー部の入射光に対する相対的な角度を変化させる駆動手段とを備えたマイクロミラーの製造方法であつて、

前記ヒンジ部およびミラー部を半導体基板の結晶異方性を利用して、この半導体基板上に成膜された構造膜により一体的に形成する

ことを特徴とするマイクロミラーの製造方法。

【請求項16】 前記ヒンジ部の可動部分を、前記ヒンジ部の固定部分から延びて平坦面を構成するよう形成し、かつ、前記ミラー部を前記可動部分の先端から折れ曲がり傾斜面を構成するよう形成する

ことを特徴とする請求項15記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項17】 前記半導体基板の表面に側壁部分に傾斜面を有する第1の溝を形成すると共に、前記半導体基板の裏面の前記第1の溝の周囲の平坦面に対向する位置に前記第1の溝の傾斜面に実質的に平行な傾斜面を有する第2の溝を形成する工程と、

前記第1の溝の傾斜面および前記第1の溝の周囲の平坦面に構造膜を形成する工程と、

前記構造膜の一方の面に第1の駆動膜を形成する工程と、

前記第1の溝の底部において前記半導体基板の貫通エッチングを施すことにより前記構造膜の一端側を自由端とし、かつ、前記第2の溝内の前記半導体基板をエッチング除去することにより前記構造膜からなるミラー部およびヒンジ部を形成する工程と、

前記ヒンジ部を構成する構造膜の他方の面に第2の駆動膜を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項16記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項18】 前記半導体基板の表面に第1の溝を形成し、かつ前記半導体基板の裏面に第2の溝を形成した後、更に異方性エッチングを施すことにより前記第1の溝および第2の溝それぞれをより深くする

ことを特徴とする請求項17記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項19】 前記異方性エッチングの際に、スプレー塗布法により膜厚が均一に形成されたフォトリソ膜を紫外線の投影露光法によりパターンニングしたものをマスクとして用いる

ことを特徴とする請求項18記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項20】 更に、前記ミラー部およびヒンジ部を構成する構造膜上に



金属膜を形成し、前記金属膜を選択的にエッチングすることにより反射膜および前記第1の駆動膜への通電のための電極パッドを形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項17記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項21】 前記反射膜および電極パッドを形成する際に、スプレー塗布法により膜厚が均一に形成されたフォトリソ膜を紫外線の投影露光法によりパターンニングしたものをマスクとして用いる

ことを特徴とする請求項20記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項22】 前記半導体基板としてシリコン基板を用いる  
ことを特徴とする請求項17記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項23】 前記ヒンジ部の固定部分および可動部分をシリコン基板の結晶面(100)、また、前記ミラー部をシリコン基板の結晶面(111)を利用して形成する

ことを特徴とする請求項22記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項24】 前記構造膜として前記第1の溝およびその周囲の平坦面に沿って窒化膜を形成する

ことを特徴とする請求項22記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項25】 前記ヒンジ部のシリコン基板を選択的に除去し、前記ヒンジ部を窒化膜の薄膜のみとする

ことを特徴とする請求項24記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項26】 前記ヒンジ部およびミラー部を、水酸化カリウム(KOH)、ヒドラジン、エチレンジアミン-ピロカテコール-水(EPW)または水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)を用いたエッチングにより形成する

ことを特徴とする請求項22記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項27】 前記第1の溝を異方性エッチングによってより深くする際に、段差部を形成し、この段差部に前記ミラー部に対向するよう発光素子を設ける工程を含む

ことを特徴とする請求項18記載のマイクロミラーの製造方法。

【請求項28】 前記ミラー部で反射され射出された光の戻り光を検出するための光検出器を前記半導体基板に形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項 15 記載のマイクロミラーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、MEMS (MicroElectroMechanical Systems; 微小電気機械システム) 分野に用いられるマイクロミラーおよびその製造方法に関し、特にスキャナ用途に好適なマイクロミラーおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えばレーザスキャナに用いられる部品として、シリコン (Si) 基板を用いたマイクロマシニング (micromachining) により作製されたマイクロミラー (走査ミラー) がある。従来のマイクロミラーは、例えば「Technical Digest of the 16th Sensor Symposium, 1998 pp. 167 ~170」に記載されているように、シリコン基板の平面部分をそのままミラー面としたものが殆どであった。すなわち、シリコンからなる上部基板に、マイクロミラーと、このマイクロミラーを上部基板に支持させるためのヒンジ部とを異方性エッチングにより作製するもので、マイクロミラーは、下部基板に設けられた電極と上部基板に設けられた電極との間に働く静電気力により、ヒンジ部を中心として上部基板に略垂直な方向に振動する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記のような従来のマイクロミラーは、構造が簡単であるので作製プロセスが容易であるという利点を有しているが、その反面、基板の平面部分をそのまま利用して作製されているので、その偏角に制限があり、スキャナとして用いる場合には走査領域が限定されるという問題があった。

【0004】

なお、スキャナとしては、基板に斜面部分を設けてその斜面部分に走査ミラーを設けるようにしたものが提案されている (特開平 7-199103 号公報、米国特許第 5,966,230 号公報)。このスキャナはバーコードリーダとして

用いられるものであるが、基板に、平坦部分に対して約 $45^{\circ}$ の角度をなす斜面部分を形成し、その斜面部に、振れヒンジ部により支持された走査ミラーを設け、走査ミラーを静電気力により振れヒンジ部を中心に回動可能としたものである。

#### 【0005】

しかしながら、特にバーコードリーダなどの用途においては、ターゲットがどの方向に移動しても走査できること、ターゲットの多様な外形に対応できること、短時間内に移動するターゲットを高速で走査できること等が要求されるので、マイクロミラーの偏角をより大きくすることが求められている。上記のスクアナにおいても、走査ミラーの変位の方向は斜面部分の表面に対して略垂直であり、回転角は制限される。

#### 【0006】

また、マイクロミラーでは、ヒンジ部をエッチングによって開口を形成することにより作成しているが、一般に開口の角の部分に欠陥が発生しやすいので、従来のように開口を単一の面（結晶面）内だけに形成すると、駆動の際に欠陥の部位に応力が集中してヒンジ部が破断する虞があるという問題があった。更に、開口形成の際のオーバーエッチングによってヒンジ部の寸法精度が大きく劣化するという問題もあった。

#### 【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、高速かつ広角度に変位可能なマイクロミラーを提供することにある。

#### 【0008】

また、第2の目的は、高速かつ広角度に変位可能なマイクロミラーを簡単な工程により容易に作製することができるマイクロミラーの製造方法を提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明によるマイクロミラーは、反射膜を備えたミラー部と、少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を有し、ミラー部の入射光に

対する相対的な角度を変化させる駆動手段とを備えたものである。駆動手段は、具体的には、例えば、ヒンジ部の一方の面に配設された第1の駆動膜と、この第1の駆動膜よりも大きな熱膨張率を有するとともにヒンジ部の他方の面に配設された第2の駆動膜とにより構成される。第1の駆動膜と第2の駆動膜とは、導電性を有するものであり、互いに異なる材料からなってもよいし、電気抵抗の異なる同種材料からなってもよい。例えば、第1の駆動膜はリン(P)等不純物を含む多結晶シリコン膜とし、第2の駆動膜はアルミニウム膜とすることができる。

## 【0010】

このマイクロミラーでは、第1の駆動膜への通電によりバイモルフ構造を有するヒンジ部の可動部分が変位し、この可動部分の変位に伴ってミラー部の入射光に対する相対的な角度が変化し、入射光が偏向される。このミラーは、ヒンジ部の固定部分を固定端、ミラー部を自由端とした片持ち梁構造であるため、構造的に自由端のミラー部に大きな角度変位が生じる。

## 【0011】

また、本発明によるマイクロミラーの製造方法は、それぞれ平坦面を有する固定部分およびを含むヒンジ部と、このヒンジ部の可動部分に連続して設けられるとともに、ヒンジ部の可動部分の平坦面に対して傾斜して設けられ、ヒンジ部の可動部分の変位に伴って入射光に対する相対的な角度が可変なミラー部と、少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を有し、ミラー部の入射光に対する相対的な角度を変化させる駆動手段とを備えたマイクロミラーの、ヒンジ部およびミラー部を、半導体基板の結晶異方性を利用して、この半導体基板上に成膜された構造膜により一体的に形成する工程を含むものであり、この工程によりミラー部の傾斜面を有するマイクロミラーが容易に作製される。

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

## 【0013】

図1は本発明の一実施の形態に係るマイクロミラーを用いたレーザスキャナ(

バーコードスキャナ)の構成を表すものである。このレーザスキャナ1は、レーザダイオード3から射出されたレーザ光をマイクロレンズ4において絞り込んだ後、マイクロミラー10に照射し、マイクロミラー10において偏向することによりバーコードを走査するものであり、その反射光(戻り光)はフォトダイオード5で受光される。これらマイクロミラー10およびフォトダイオード5は、後述するように、共通のシリコン(100)基板11を用いて作製されたものである。

#### 【0014】

マイクロミラー10は、レーザダイオード3に対向し、かつ傾斜面を有するミラー部12、および平坦形状のヒンジ部13を有しており、ミラー部12側が自由端、ヒンジ部13側が固定端となっている。ヒンジ部13は、例えば、三角形の開口部14を挟んで略V字形状に形成されており、ミラー部12に繋がる可動部分13Aと、この可動部分13Aを延長してシリコン基板11の平坦面(100)に形成された固定部分13Bとにより構成されている。すなわち、このマイクロミラー10は、ヒンジ部13の固定部分13Bを中心にして先端のミラー部12が回動変位する、片持ち梁構造となっている。

#### 【0015】

これらミラー部12およびヒンジ部13は、後述の製造方法において説明するように、異方性エッチングにより傾斜面(111)が形成されたシリコン基板11の表面に例えば窒化シリコン膜を構造膜として形成し、その後シリコン基板11をエッチングにより除去して窒化シリコンの薄膜のみを残すことにより、一体に作製したものである。

#### 【0016】

ミラー部12は、シリコン基板11の(100)面を異方性エッチングすることにより得られた傾斜面(111)面を利用して形成されたものである。(100)面と傾斜面(111)面とのなす角は $55^{\circ}$ であるので、ミラー部12はヒンジ部13(平坦面)に対して約 $55^{\circ}$ 傾斜している。これにより、ミラー部12とヒンジ部13とのなす角を大きくとることができる。なお、ミラー部12には、例えば反射率の高いアルミニウム(Al)膜により形成された反射膜1

2A(図2参照)が設けられている。

【0017】

図2は、図1に示したマイクロミラー10の上面図であり、図3はその下面図である。ヒンジ部13の可動部分13Aから固定部分13Bにかけての表側の面には、不純物例えばリン(P)を含む多結晶シリコン膜15が形成されている。一方、ヒンジ部13の可動部分13Aの裏側の面には、アルミニウム(A1)膜16が全面に形成されている。これにより、多結晶シリコン膜15とアルミニウム膜16とが窒化シリコンからなるヒンジ部13を挟んでバイモルフ構造を形成している。なお、ここでは図示しないが、ヒンジ部13の固定部分13Bには、多結晶シリコン膜15に通電するための電極パッド(図7参照)が設けられている。

【0018】

このマイクロミラー10においては、図4に実線で示したような初期状態では、レーザダイオード3から射出されたレーザ光はマイクロレンズ4を通過した後、ミラー部12で反射され、射出光R1となる。射出光R1はターゲットを走査する際に散乱し、その戻り光R2がフォトダイオード5により検出される。

【0019】

一方、多結晶シリコン膜15に通電すると、多結晶シリコンのジュール熱によりヒンジ部13が加熱され、その結果、多結晶シリコン膜15とアルミニウム膜16との両方が熱膨張する。ここで、アルミニウムの熱膨張係数は多結晶シリコンの熱膨張係数よりも9倍程度大きいので、ヒンジ部13の可動部分13Aは、図4に点線で示したように、ヒンジ部13の固定部分13Bを中心に矢印Aで示した方向、すなわちシリコン基板11の(100)面にほぼ垂直な方向に(上方に)反る。サイズがミクロンオーダーのバイモルフ構造での変位速度は数kHz程度まで可能であることが知られており、ヒンジ部13についても数kHzの高速変位が期待できる。このヒンジ部13の変位に伴ってミラー部12がヒンジ部13の固定部分13Bを中心に回転する。このとき、レーザダイオード3から発生したレーザ光はミラー部12で反射され、射出光R3となる。ここで、ミラー部12はヒンジ部13に対して55°と大きな角度をなしているため、先端のミ

ラー部12に一層大きな角度変位を得ることができる。

#### 【0020】

このように本実施の形態では、バイモルフ構造を有するマイクロミラー10を熱駆動することによって、レーザダイオード3からのレーザ光を静止時の射出光R1および駆動時の射出光R3の2方向に連続的に切り換えて射出し、バーコード20を走査することができる。また、平坦形状を有するヒンジ部13がその固定部分13Bを中心にして矢印A方向に変位することによりシリコン基板11の(100)面に略垂直な方向に変位し、その変位が自由端のミラー部12に伝達され、従来構造のものと異なりミラー部12の重心そのものが移動する構造となっているため、ミラー部12において大きな角度変位が得られる。

#### 【0021】

また、本実施の形態では、ヒンジ部13をバイモルフ構造として熱駆動により高速変位させるとともに、ミラー部12をヒンジ部13に対して $5^{\circ}$ と大きな角度をなすよう形成したので、ミラー部12においてレーザ光を比較的高速で偏向させることが可能となり、しかも偏向角度を一層広くすることが可能となる。

#### 【0022】

図5～図8は、本実施の形態に係るマイクロミラーの製造工程の一例を表すものである。この方法は、異方性エッチングにより傾斜面(111)面が形成されているシリコン基板11上に構造膜として窒化シリコン( $\text{SiN}_x$ )膜を成膜およびパターニングし、その後シリコン基板11をエッチングにより除去することによりミラー部12およびヒンジ部13を作製するようにしたものである。

#### 【0023】

まず、図5(A)に示したように、厚さが例えば $200\mu\text{m}$ の(100)n型シリコン基板11を用意する。このシリコン基板11の両面に、厚さが例えば $300\text{nm}$ の熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜を、例えばフォトリソグラフィとフッ化水素(HF)を用いたエッチングとによりパターニングする。こうして、シリコンのウェット異方性エッチングのための熱酸化膜マスク21を形成する。

#### 【0024】

そして、この熱酸化膜マスク21を用いて、例えば水酸化テトラメチルアンモ

ニウム (TMAH) によるウエット異方性エッチングを行う。このときのエッチングレートは例えば  $0.5 \mu\text{m}/\text{分}$  とする。これにより、図5 (B) に示したように、溝22、23を形成する。溝22は例えば横幅 (マスク寸法)  $400 \mu\text{m}$ 、奥行き  $300 \mu\text{m}$ 、深さ  $60 \mu\text{m}$  とし、溝23は例えば横幅 (マスク寸法)  $300 \mu\text{m}$ 、奥行き  $300 \mu\text{m}$ 、深さ  $60 \mu\text{m}$  とする。

#### 【0025】

次に、シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21を図示しないフォトレジストで保護すると共に、表面の熱酸化膜マスク21のみを除去する。その後、再度シリコン基板11の表面に、厚さが例えば  $300 \text{nm}$  の熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜をパターニングして、2度目のウエット異方性エッチングのための熱酸化膜マスク24を図5 (C) に示したように形成する。この熱酸化膜マスク24のパターニングは、例えばレジスト噴霧装置を用いたスプレー塗布法によりフォトレジスト膜 (図示せず) を膜厚が均一になるように形成し、続いて投影露光機により深い焦点深度の紫外線照射を行うことにより形成する。なお、シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21はフォトレジスト (図示せず) により保護されるので、図5 (C) において、シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21のパターンは同じである。

#### 【0026】

その後、図5 (D) に示したように、熱酸化膜マスク21、24を用いて、例えばTMAHによるウエット異方性エッチングを行い、シリコン基板11を更に  $60 \mu\text{m}$  エッチングする。こうして、深さが例えば  $120 \mu\text{m}$  の溝25、26を形成する。これにより、ミラー部12を作製するための (111) 面、ヒンジ部13を作製するための (100) 面が形成される。溝25の横幅 (マスク寸法) は例えば  $50 \mu\text{m}$  とし、溝26の横幅は溝23と同じである。

#### 【0027】

次いで、図6 (A) に示したように、シリコン基板11の両面の熱酸化膜21、24を除去し、改めてシリコン基板11の両面に、例えば減圧CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により、厚さが例えば  $200 \text{nm}$  の窒化シリコン ( $\text{SiN}_x$ ) 膜27を形成する。



## 【0028】

続いて、図6(B)に示したように、シリコン基板11の両面に、例えば減圧CVD法により、厚さが例えば500nmの、リン(P)をドーピングした多結晶シリコン膜15を成膜する。

## 【0029】

更に、レジスト噴霧装置でフォトリジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることにより図示しないフォトリジストパターンを形成し、このフォトリジストパターンをマスクとして例えば $SF_6$ ガスを用いたエッチングにより、図6(C)に示したように多結晶シリコン膜15をパターンニングする。こうして、多結晶シリコン膜15は図1または図2に示したような形状に形成される。なお、シリコン基板11の裏面の多結晶シリコン膜15は、同様に例えば $SF_6$ ガスを用いたドライエッチングにより除去する。

## 【0030】

再び、レジスト噴霧装置でフォトリジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることにより図示しないフォトリジストパターンを形成し、このフォトリジストパターンをマスクとして例えば $CF_4$ ガスを用いたドライエッチングにより、図6(C)に示したように窒化シリコン膜27をパターンニングする。こうして、溝25の一部においてシリコン基板11が露出する。

## 【0031】

その後、例えばスパッタリング法により、厚さが例えば200nmのアルミニウム(A1)膜を成膜する。更にレジスト噴霧装置でフォトリジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることにより図示しないフォトリジストパターンを形成し、このフォトリジストパターンをマスクとして例えばリン酸を用いたエッチングによりアルミニウム膜をパターンニングする。こうして、図7(A)に示したように、ミラー部12の反射膜12A、多結晶シリコン膜15へのコンタクト用の電極パッド28を形成する。

## 【0032】

続いて、図7(B)に示したように、レジスト噴霧装置でフォトリジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることによりフォトリジストパターン2

9を形成し、このフォトレジストパターン29を用いたエッチングにより、窒化シリコン膜27をパターンニングする。こうして、溝25およびその周辺においてシリコン基板11が露出する。なお、このとき、シリコン基板11の表側はフォトレジストにより保護されている。

#### 【0033】

そして、図8(A)に示したように、 $C_4F_8$ ガスと $SF_6$ ガスを切り替えて高密度プラズマを発生させてシリコンのエッチングを行うディープRIE(Reactive Ion Etching)法により、溝25の底部においてシリコン基板11を裏面からエッチングすることにより貫通孔30を形成するとともに、溝26の周囲のシリコン基板11を除去する。こうして、窒化シリコン膜27からなるミラー部12が切り離されて自由端となるとともに、窒化シリコン膜27からなるヒンジ部13の可動部分13Aが形成される。

#### 【0034】

最後に、図8(B)に示したように、フォトレジストパターン29を除去し、シリコン基板11の裏面全体に、例えばスパッタリング法により、厚さが例えば700nmのアルミニウム(A1)膜16を成膜する。こうして、本実施の形態に係るマイクロミラー10が完成する。

#### 【0035】

この方法により作製されたマイクロミラー10は、例えば減圧CVD法により成膜された窒化シリコン膜27をミラー部12およびヒンジ部13の材料として利用しているので、金属材料のような疲労がなく、繰り返し振動に対して極めて堅牢である。また、窒化シリコン膜27の成膜時の膜厚を正確に制御できるので、極めて振動特性の再現性の良いマイクロミラー10を作製することができる。ミラー部12は、アルミニウム蒸着により形成された鏡面である反射膜12Aを有しているので、反射率が高い。更に、ミラー部12はヒンジ部13に対して55°と大きな角度をなしているので、マイクロミラー10は、シリコン基板11の面内にレーザダイオード3を設置するのに好適な構造を有している。

#### 【0036】

以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0037】

## 【実施例】

まず、厚さが $200\mu\text{m}$ の(100) n型シリコン基板11を用意した。このシリコン基板11の両面に、厚さが $300\text{nm}$ の熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜を、フォトリソグラフィとフッ化水素(HF)を用いたエッチングとによりパターンニングした。こうして、シリコンのウエット異方性エッチングのための熱酸化膜マスク21を形成した(図5(A)参照)。

【0038】

そして、この熱酸化膜マスク21を用いて、例えば水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)によるウエット異方性エッチングを行った。このときのエッチングレートは $0.5\mu\text{m}/\text{分}$ であった。これにより、溝22、23を形成した(図5(B)参照)。溝22は横幅(マスク寸法) $400\mu\text{m}$ 、奥行き $300\mu\text{m}$ 、深さ $60\mu\text{m}$ とし、溝23は横幅(マスク寸法) $300\mu\text{m}$ 、奥行き $300\mu\text{m}$ 、深さ $60\mu\text{m}$ とする。

【0039】

次に、シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21をフォトレジストで保護すると共に、表面の熱酸化膜マスク21のみを除去した。その後、再度シリコン基板11の表面に、厚さが $300\text{nm}$ の熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜をパターンニングして、2度目のウエット異方性エッチングのための熱酸化膜マスク24を形成した(図5(C)参照)。シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21はフォトレジストにより保護されるので、シリコン基板11の裏面の熱酸化膜マスク21のパターンは不変であった。熱酸化膜マスク24の作製では、例えばレジスト噴霧装置を用いてフォトレジストを膜厚が均一になるように塗布し、続いて投影露光機により深い焦点深度の紫外線照射を行った。

【0040】

その後、熱酸化膜マスク21、24を用いて、TMAHによるウエット異方性エッチングを行い、シリコン基板11を更に $60\mu\text{m}$ エッチングした。こうして、深さが $120\mu\text{m}$ の溝25、26を形成した(図5(D)参照)。これにより、ミラー部12を作製するための(111)面、ヒンジ部13を作製するための

(100)面が形成される。溝25の横幅(マスク寸法)は $50\mu\text{m}$ とし、溝26の横幅は溝23と同じである。

【0041】

次いで、シリコン基板11の両面の熱酸化膜21、24を除去し、改めてシリコン基板11の両面に、減圧CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により、厚さが200nmの窒化シリコン( $\text{SiN}_x$ )膜27を形成した(図6(A)参照)。

【0042】

続いて、シリコン基板11の両面に、減圧CVD法により、厚さが500nmの、リン(P)をドーブした多結晶シリコン膜15を成膜した(図6(B)参照)。

【0043】

更に、レジスト噴霧装置でフォトレジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることによりフォトレジストパターンを形成し、このフォトレジストパターンをマスクとして $\text{SF}_6$ ガスを用いたエッチングにより、多結晶シリコン膜15をパターンニングした(図6(C)参照)。こうして、多結晶シリコン膜15は図1または図2に示したような形状に形成された。シリコン基板11の裏面の多結晶シリコン膜15は、同様に $\text{SF}_6$ ガスを用いたドライエッチングにより除去した。

【0044】

再び、レジスト噴霧装置でフォトレジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることによりフォトレジストパターンを形成し、このフォトレジストパターンをマスクとして $\text{CF}_4$ ガスを用いたドライエッチングにより、窒化シリコン膜27をパターンニングした(図6(C)参照)。こうして、溝25の一部においてシリコン基板11が露出した。

【0045】

その後、スパッタリング法により、厚さが200nmのアルミニウム(Al)膜を成膜する。更にレジスト噴霧装置でフォトレジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることによりフォトレジストパターンを形成し、このフォト

レジストパターンをマスクとしてリン酸を用いたエッチングによりアルミニウム膜をパターンニングした。こうして、ミラー部12の反射膜12A、多結晶シリコン膜15へのコンタクト用の電極パッド28を形成した(図7(A)参照)。

## 【0046】

続いて、レジスト噴霧装置でフォトレジストを塗布してから投影露光機でパターンニングすることによりフォトレジストパターン29を形成し、このフォトレジストパターン29を用いたエッチングにより、窒化シリコン膜27をパターンニングした。こうして、溝25およびその周辺においてシリコン基板11が露出した(図7(B)参照)。なお、このとき、シリコン基板11の表側はフォトレジストにより保護されていた。

## 【0047】

そして、 $C_4F_8$ ガスと $SF_6$ ガスを切り替えて高密度プラズマを発生させてシリコンのエッチングを行うディープRIE(Reactive Ion Etching)法により、シリコン基板11を裏面からエッチングすることにより貫通孔30を形成するとともに、溝26の周囲のシリコン基板11を除去した(図8(A)参照)。こうして、窒化シリコン膜27からなるミラー部12が切り離されて自由端となるとともに、窒化シリコン膜27からなるヒンジ部13の可動部分13Aが形成された。

## 【0048】

最後に、フォトレジストパターン29を除去し、シリコン基板11の裏面全体に、スパッタリング法により、厚さが700nmのアルミニウム(A1)膜16を成膜した(図8(B)参照)。こうして、窒化シリコン膜27を構造膜として形成されたミラー部12およびヒンジ部13を有するマイクロミラー10が完成した。

## 【0049】

完成したマイクロミラー10は左右対称な形状を有し、その寸法は、図2においてD1、D2、D3で示した寸法はそれぞれ80 $\mu$ m、120 $\mu$ m、80 $\mu$ mであった。図2においてD4、D5、D6、D7で示した寸法はそれぞれ120 $\mu$ m、80 $\mu$ m、140 $\mu$ m、80 $\mu$ mであった。図2において、D8、D9で

示した寸法はそれぞれ70 $\mu$ m、40 $\mu$ mであった。

【0050】

このマイクロミラー10において、多結晶シリコン膜15にパルス電流を通电して振動特性を調べたところ、最大振り角25°、最高速度3kHzであった。

【0051】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、各部の寸法、基板の材質、膜厚、プロセス条件等は本発明の主旨を逸脱しない限りにおいて変更が可能である。例えば、TMAHの代わりに水酸化カリウム(KOH)、ヒドラジン、エチレンジアミン-ピロカテコール-水(EPW)などを用いることも可能である。

【0052】

また、上記実施の形態および各実施例では、マイクロミラー10においては、開口部を1つとしヒンジ部を2つとしたが、複数の開口部を隣接して設け、ヒンジ部の数を3以上とするようにしてもよい。また、上記実施の形態および実施例では、ヒンジ部の固定部分は2つの部分に分かれた形状としたが、図9のようにひとつつながりの形状としてもよい。

【0053】

更に、上記実施の形態および実施例では、バイモルフ構造として、窒化シリコンからなるヒンジ部に多結晶シリコン膜およびアルミニウム膜を形成するようにしたが、バイモルフ構造を構成する膜としては、多結晶シリコン膜およびチタン(Ti)膜などの他の材料からなる膜を用いることも可能である。更に、電気抵抗が異なる同一種類の材料からなる膜、例えば、窒化シリコンからなるヒンジ部の両面に配線としてそれぞれ断面積の異なる多結晶シリコン膜を対向させて設置することによりバイモルフ構造を構成することも可能である。この場合には、電気抵抗の差により発熱量が異なり、その結果熱膨張の度合いが異なることとなるので、異なる2種類の材料からなるバイモルフ構造と同様の変位を得ることができ。

【0054】

加えて、上記実施の形態では、半導体デバイスの一例としてレーザスキャナを例に挙げて説明したが、本発明は、MEMS分野におけるセンサ、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD）などの他の半導体デバイスを製造する場合についても広く適用することができる。

【0055】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のマイクロミラーによれば、反射膜を備えたミラー部の駆動手段として、少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を用いるようにしたので、ミラー部を高速かつ広角度に変位させることが可能になる。

【0056】

特に、それぞれ平坦面を有する固定部分および可動部分を含むヒンジ部と、このヒンジ部の可動部分に連続して設けられるとともに、ヒンジ部の可動部分の平坦面に対して傾斜して設けられ、ヒンジ部の可動部分の変位に伴って入射光に対する相対的な角度が可変なミラー部と、少なくとも2種類の材料の熱膨張率の差を利用したバイモルフ構造を有し、ミラー部の入射光に対する相対的な角度を変化させる駆動手段とを備える構成とすることより、ミラー部をより広角度に変位させることができる。従って、レーザスキャナ等に用いることにより走査領域を広範囲にすることが可能になる。

【0057】

また、本発明のマイクロミラーの製造方法によれば、半導体基板、特にシリコン基板の結晶異方性を利用してミラー部およびヒンジ部を作製するようにしたので、本発明のマイクロミラーを容易に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態に係るマイクロミラーを用いたスキャナの構成の一例を表す斜視図である。

【図2】

図1に示したマイクロミラーの構成を説明するための上面図である。

【図 3】

図 1 に示したマイクロミラーの構成を説明するための下面図である。

【図 4】

図 1 に示したマイクロミラーの動作を説明するための側面図である。

【図 5】

本発明の実施の形態に係るマイクロミラーの製造方法の一例を工程順に示す断面図である。

【図 6】

図 5 の工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】

図 6 の工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 8】

図 7 の工程に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】

図 1 に示したマイクロミラーの構成の他の例を示す上面図である。

【符号の説明】

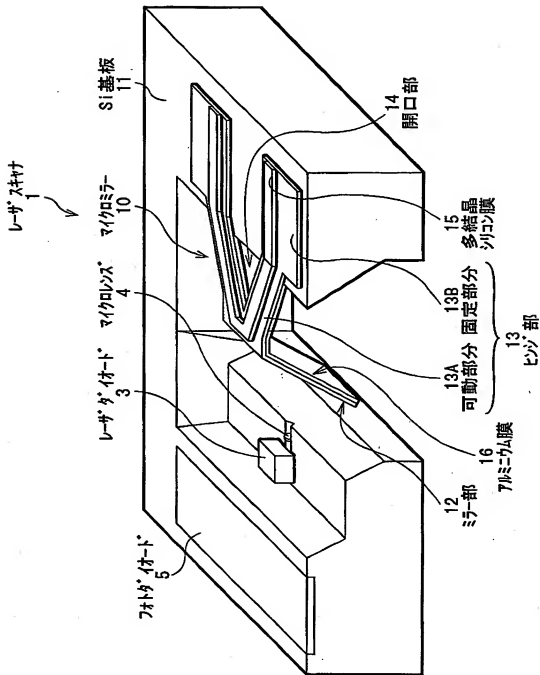
1…レーザスキャナ、20…バーコード、3…レーザダイオード、4…マイクロレンズ、5…フォトダイオード、10…マイクロミラー、11…シリコン基板、12…ミラー部、13…ヒンジ部、13A…可動部分、13B…固定部分、14…開口部、15…多結晶シリコン膜、16…アルミニウム膜



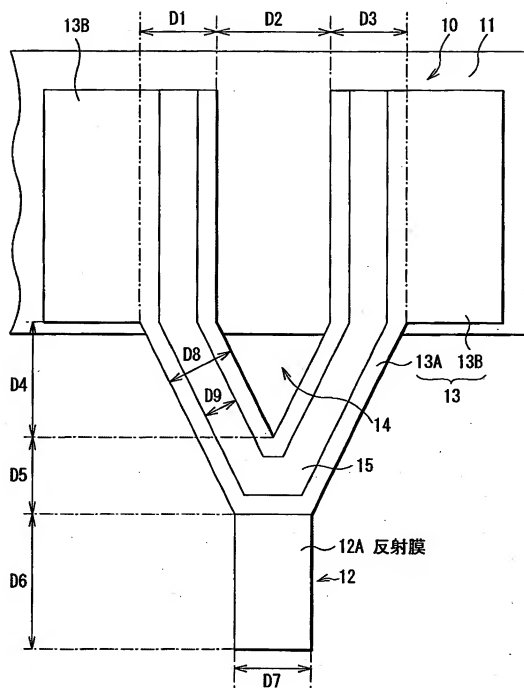
【書類名】

図面

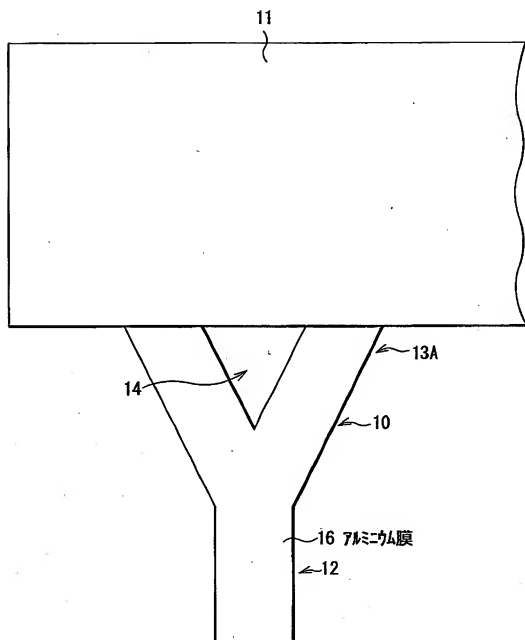
【図1】



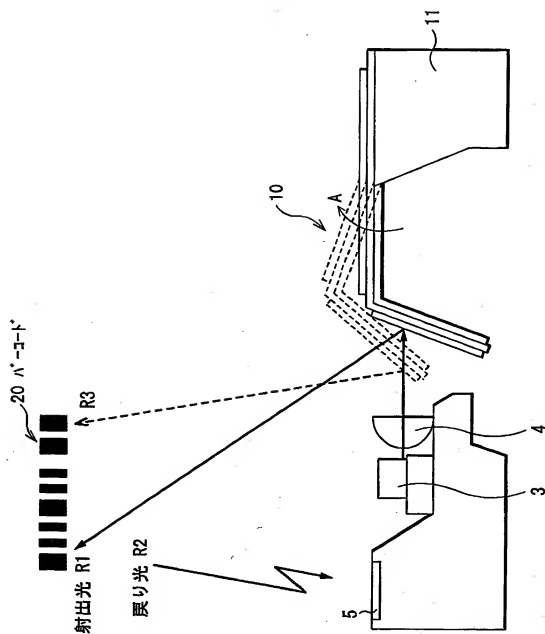
【図2】



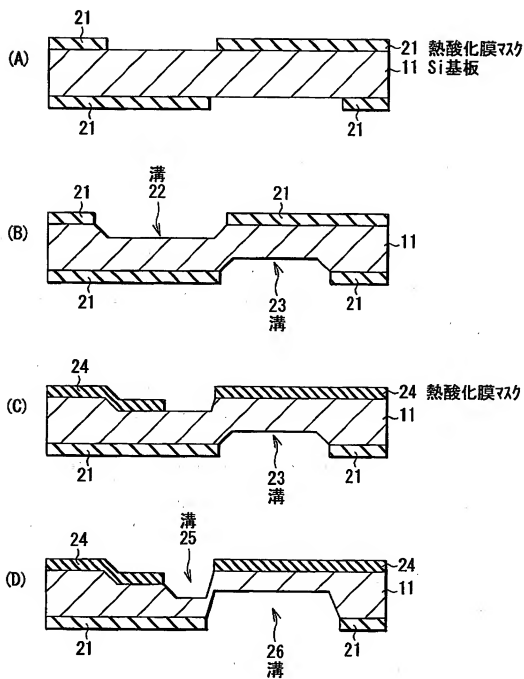
【図3】



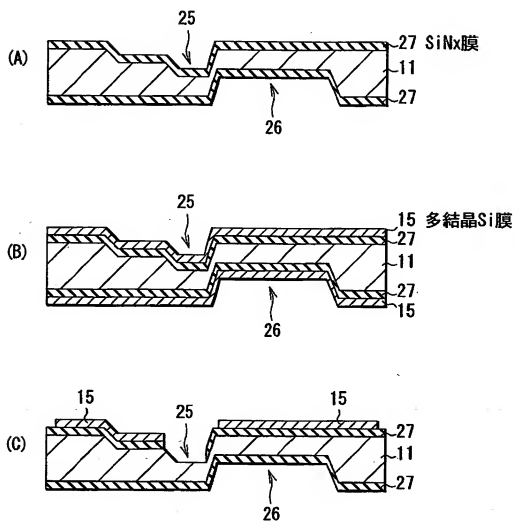
【図4】



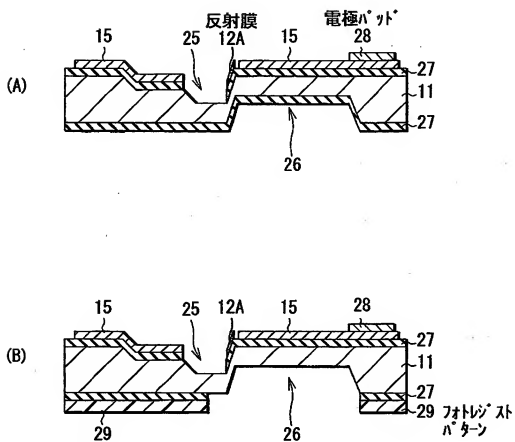
【図5】



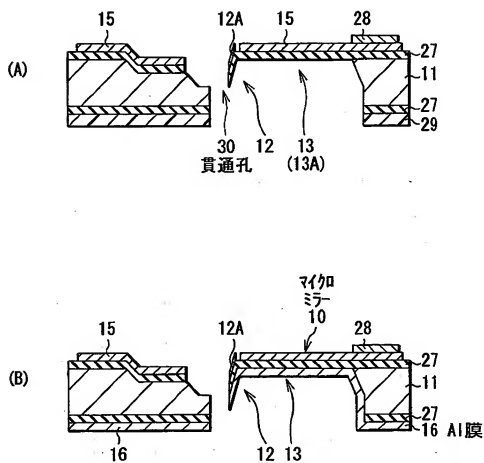
【図6】



【図7】

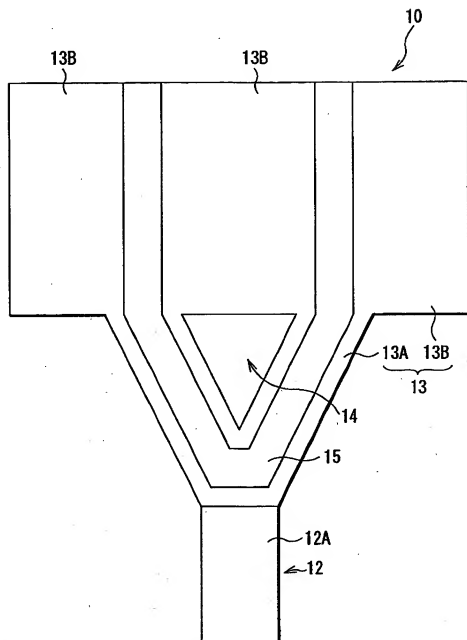


【図8】





【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速かつ広角度に変位可能なマイクロミラーおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 ヒンジ部13の可動部分13Aから固定部分13Bにかけての表側の面には、不純物例えばリン(P)を含む多結晶シリコン膜15が、また、ヒンジ部13の可動部分13Aの裏側の面には、アルミニウム(Al)膜16が形成されている。これにより、多結晶シリコン膜15とアルミニウム膜16とが窒化シリコンからなるヒンジ部13を挟んでバイモルフ構造を構成している。多結晶シリコン膜15に通電すると、多結晶シリコンのジュール熱によりヒンジ部13が加熱され、その結果、多結晶シリコン膜15とアルミニウム膜16との両方が熱膨張し、可動部分13Aとともにミラー部12が変位する。ミラー部12はヒンジ部13に対して傾斜しているので、先端のミラー部12に一層大きな角度変位を得ることができる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名

ソニー株式会社